

Unscharfe Mengen in der DDR

RUDOLF SEISING

rudolf.seising@softcomputing.es

Während die zur Mitte der 1960er Jahre begründete mathematische Theorie der Fuzzy Sets – „unscharfer Mengen“ – erst zu Beginn der 1980er Jahre in Japan und danach in den USA und Westeuropa bekannt und erfolgreich wurde, gab es in der DDR schon in den späten 1970er Jahren eine „GDR Working Group for Fuzzy Sets and Systems“, die sich monatlich zum Seminar „Theorie unscharfer Signale und Systeme“ traf.

Nur wenige DDR-Wissenschaftler haben zur Theorie unscharfer Mengen Grundlagenforschung betrieben und neue Ergebnisse publiziert. Vielmehr wurden die Fuzzy-Methoden als Elemente von Kybernetik und Systemtheorie verstanden und in der Technik angewendet. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass die bis zu Stalins Tod als „bürgerlich-idealistisch“ diffamierte Kybernetik zwar in den 1960er Jahren sogar als besonders förderungswürdige „kommunistische Wissenschaft“ galt, um den „wissenschaftlich-technischen Höchststand“ schnell zu erreichen.

Nach den Liberalisierungstendenzen in der CSSR, dem sowjetische Einmarsch 1968 und der Ablösung Ulbrichts von der Funktion des ersten Sekretärs der SED und des Vorsitzenden des Nationalen Verteidigungsrates wurde gegen Kybernetik und Systemtheorie in den nicht-technischen Wissenschaften allerdings wieder aggressiv vorgegangen. Die „wissenschaftlich-technische Revolution“ (WTR) war jedoch unumkehrbar, daher konnten Kybernetik und Systemtheorie in der Technik weiterhin betrieben werden, und dazu zählten auch die Anwendungen der Theorie der Fuzzy Sets. Als 1972 das International Institute for Applied System Analysis (IIASA) in Laxenburg bei Wien gegründet wurde, war die DDR daher auch deren Mitgliedsstaat, vertreten durch Manfred Peschel, der die „GDR Working Group for Fuzzy Sets and Systems“ gegründet hatte.

1 Unscharfe Mengen – Fuzzy Sets

Die Theorie der unscharfen Mengen – Fuzzy Sets – wurde von dem in der Sowjetrepublik Aserbaidschan geborenen, im Iran aufgewachsenen, 1944 in die USA ausgewanderten und seit 1958 an der University of California at Ber-

keley als Professor tätigen Elektrotechniker und Systemtheoretiker Lotfi A. Zadeh (geb. 1921) im Jahre 1965 begründet [1]¹. Diese Theorie sieht anstelle des starren Element- oder Nichtelementseins von Objekten zu einer gewöhnlichen „scharfen“ Menge eine graduelle Zugehörigkeit zu einer unscharfen Menge (*Fuzzy Set*) vor. Die Zugehörigkeitsfunktion (membership function) $\mu_A(x)$ des Fuzzy Sets A weist jedem Objekt eine Zahl zwischen 0 und 1 zu, mit der seine Zugehörigkeit als Element von A bewertet wird.

Zadeh (Abbildung 1) war und ist weder mathematischer noch philosophischer Grundlagenforscher, der die Cantorsche Mengentheorie oder die Boolesche Logik hätte „aufweichen“ wollen, sondern ein mathematisch orientierter Ingenieur, der durch anwendungsorientierte Betrachtungen in der Kommunikationstechnologie motiviert wurde, nach neuen Methoden zu suchen. Insbesondere Probleme der Musterklassifikation – etwa handgeschriebener Zeichen oder Frequenzen elektromagnetischer Wellen, die einem vorgegebenen Prototypen genügend ähnlich sind – führten ihn auf die Idee der Fuzzy Sets [3], [2].



Abbildung 1: Lotfi Zadeh

¹ Zur Geschichte der Fuzzy Set Theorie siehe [2].

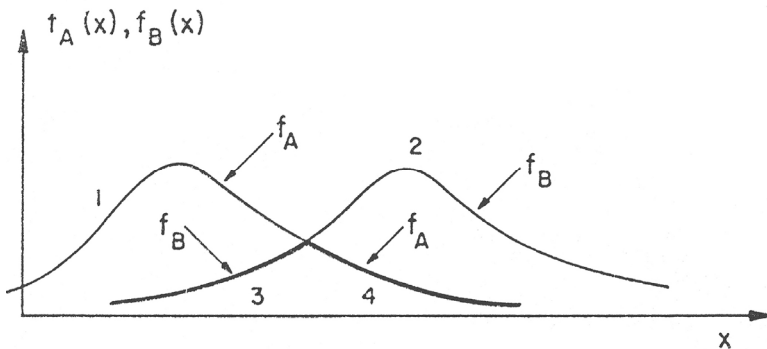


Abbildung 2: Zugehörigkeitsfunktionen $f_A(x)$, $f_B(x)$, $f_{A \cup B}(x)$ und $f_{A \cap B}(x)$.
 $f_{A \cup B}(x) = \max(f_A(x), f_B(x))$ entspricht den Kurvenabschnitten 1 und 2,
 $f_{A \cap B}(x) = \min(f_A(x), f_B(x))$ entspricht den Kurvenabschnitten 3 und 4;
 Abbildung aus [1]

Operationen, die mit gewöhnlichen Mengen durchgeführt werden können, lassen sich auf den Bereich der Fuzzy Sets übertragen: Es gibt das leere Fuzzy Set ($\mu_A(x) = 0$ für alle x im Definitionsbereich) und das Komplement $\neg A$ jedes Fuzzy Sets ($\mu_{\neg A}(x) = 1 - (\mu_A(x))$); Fuzzy Sets können vereinigt werden und man kann ihren Durchschnitt bilden. Die beiden letzten Operationen definierte Zadeh folgendermaßen (Abbildung 2): Die Zugehörigkeitsfunktion $f_{A \cup B}(x)$ der Vereinigung zweier Fuzzy Sets A und B ist das Maximum ihrer beider Zugehörigkeitsfunktionen ($\max(f_A(x), f_B(x))$), die ihres Durchschnitts ($f_{A \cap B}(x)$) ist deren Minimum ($\min(f_A(x), f_B(x))$).

Eine der ersten Reaktionen auf Zadehs Einführung unscharfer Mengen in das mathematische Werkzeug der Systemtheorie kam aus Moskau: In der in russischer und englischer Sprache erscheinenden Zeitschrift *Engineering Cybernetics* griff der Mathematiker Vasilij I. Loginov Zadeh und seine Theorie scharf an, denn er sah in der Theorie der Fuzzy Sets and Systems keinerlei Problemlösungspotential, das nicht auch Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik bereit stellten [4]. Loginov hatte allerdings die Zugehörigkeitsfunktion eines Fuzzy Sets als „likelihood function“ und ihre Werte als bedingte Wahrscheinlichkeiten fehlinterpretiert, wie auch noch viele andere nach ihm [5].

Auch der junge Mathematiker Manfred Peschel, der seit 1966 Professor für Regelungs- und Steuerungstechnik an der TH Karl-Marx-Stadt war, gelangte 1968 zunächst zu dieser Auffassung, als er beim Symposium der *International Federation of Automatic Control (IFAC)* „On Systems Adaptivity and Sensitivity“ in Dubrovnik Lotfi Zadehs Plenarvortrag „Fuzzy Sets and Systems“ hörte.

Nach einigen Diskussionen mit Zadeh, der ihm seine Veröffentlichungen zu dieser Thematik auch bald zugesandt hatte, wurde Peschel dann aber in den 1970er Jahren zu einem überzeugten Verfechter dieser Theorie, und er versuchte die *Fuzzy Sets* als „Unschärfe Mengen“ in den Ingenieurwissenschaften der DDR zu etablieren, um mit ihrer Hilfe mehrkriterieller Entscheidungs- und Optimierungsprobleme zu lösen. Dieses Forschungsgebiet lernte er zwei Jahre später auf der Allunionskonferenz über Automatic Control in Moskau kennen, als dort die Untersuchungen zu mehrkriterielle Entscheidungs- und Optimierungsproblemen in der Operationsforschung von Jurii Borisovitch Germeiers (1918-1975) diskutiert wurden, die dieser an der Russischen Akademie der Wissenschaften durchgeführt hatte. Peschel entwickelte dann sein Forschungsprogramm, mit Hilfe von Fuzzy Sets Optimierungsprobleme mit mehreren Zielsetzungen bzw. Gütekriterien zu analysieren und ihre Kompromissfindung zu beschreiben.

2 Wissenschaftlich-technische Revolution und Kybernetik/Systemtheorie

Für die 1960er Jahren war in der DDR der Übergang von der „sozialistischen Revolution“ zur „wissenschaftlich-technischen Revolution“ (WTR) geplant. Diesen Begriff hatte der irische Wissenschaftsforscher John Desmond Bernal (1901-1971) in den 1950er Jahren eingeführt, um die Entwicklungen auf den Gebieten der Wissenschaft und der Technik in den hochindustriellen Gesellschaften im 20. Jahrhundert zu charakterisieren, die seiner Meinung nach völlig neue Qualitäten aufwiesen und daher mit früheren Entwicklungen auf diesen Gebieten nicht vergleichbar gewesen seien [6].

In den westlichen Industriegesellschaften wurde daher viel über die *wissenschaftliche Zivilisation*, die *Technokratie* und die *postindustrielle Gesellschaft* spekuliert und vor allem wurde die Eigendynamik der WTR betont, die somit weder vorgegebene Bedürfnisse befriedige (die sie vielmehr erst selbst schafft), noch bestimmte Zwecke erreichen solle, und auch nicht an bestimmte Produktionsverhältnisse gebunden sei. Dies sei zwar im 19. Jahrhundert der Fall gewesen, als die Technik an die bürgerlich-kapitalistischen Produktionsverhältnisse gebunden gewesen war, nun im 20. Jahrhundert würden durch Wissenschaft und Technik aber nicht mehr politisch-gesellschaftliche sondern technische Probleme gelöst!

In der DDR musste die WTR dagegen vor dem Hintergrund der marxistisch-leninistischen Gesellschaftsauffassung interpretierbar bleiben und hier wurde die WTR durch folgende Punkte gekennzeichnet [7], [8], [9], [10]:

1. Einführung des automatischen Prinzips in den Produktionsprozess,
2. „Verwandlung von Wissenschaften in unmittelbare Produktivkraft“,
3. „Chemisierung“ und „Elektrifizierung“ der Produktion, sowie Verwendung von Atomkraft,

4. Verwissenschaftlichung der Produktionsorganisation,
5. sich verändernde Stellung des Menschen im Produktionsprozess und sich wandelnder Charakter der Arbeit.

Im Parteiprogramm der SED wurde *Wissenschaft* zur unmittelbaren Produktivkraft erklärt, und insbesondere auf die Bedeutung von Mathematik, Physik, Chemie, Biologie, Kybernetik, Automation, Elektrotechnik für das Wachstum der Produktivkräfte der Gesellschaft hingewiesen. Die bisher als bürgerlich-idealistisch diffamierte Wissenschaft *Kybernetik* wurde sogar zur „kommunistischen Wissenschaft“ erklärt und ihr sollte nun besondere Förderung zukommen, um den „wissenschaftlich-technischen Höchststand“ so rasch wie möglich zu erreichen [11]. Einflüsse aus der Sowjetunion nach Stalins Tod, aber auch aus den westlichen Staaten führten dazu, dass die Kybernetik in der DDR nach anfänglicher Zurückweisung nun in den 1960er Jahren hoffähig und bald sogar „Wissenschaft und Produktivkraft allerersten Ranges“ wurde ([12], S. 249).



Abbildung 3: Georg Klaus

In der DDR hatte sich vor allem der Philosoph Georg Klaus (1912-1974) um die Kybernetik bemüht und verdient gemacht (Abbildung 3). Seit 1953 hatte er den Lehrstuhl für Logik und Erkenntnistheorie an der Humboldt-Universität in Berlin inne, und seit 1959 war er Leiter der Arbeitsgruppe Philosophie an der

Akademie der Wissenschaften der DDR (AdW). Klaus stellte die veränderten Produktionsprozesse als kybernetisches Regelkreismodell dar, in dem der Mensch aus dem Produktionsprozess heraustritt und sich lediglich noch als „Regler höherer Ordnung“ betätigt: „Selbst die unmittelbare Regler- und Kontrollfunktion übernimmt der automatisierte Produktionsprozess letztendlich, so dass der Produktionsprozess für den Menschen die Form einer „black-box“ annehmen kann.“ ([13], S. 197)

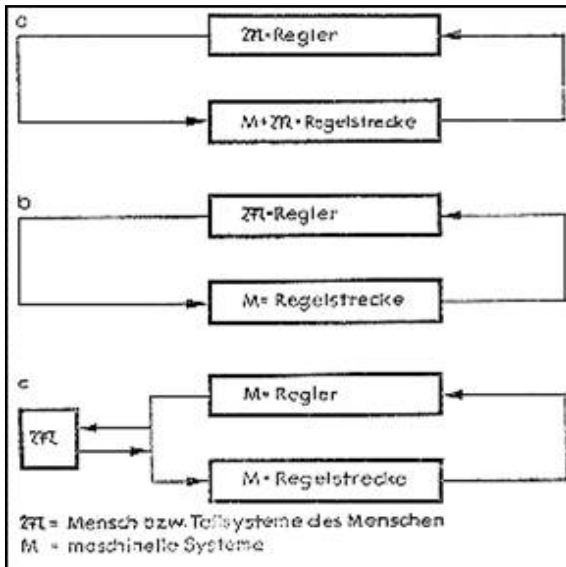


Abbildung 4: Evolution der kybernetischen Beziehung von Mensch und Maschine.

1959 gründete Klaus, der 1961 Mitglied der *Akademie der Wissenschaften zu Berlin* (AdW) wurde, im Auftrag des Ministeriums für Wissenschaft und Technik (MWT) die *Kybernetik-Kommission der DDR*, deren Vorsitz er selbst übernahm. Sein Doktorand Rainer Thiel (geb. 1930) wurde zunächst Sekretär – nach drei Jahren wurde er von Heinz Liebscher (geb. 1931) abgelöst, der von 1962 bis 1978 auch Klaus' Mitarbeiter im Institut für Philosophie der AdW war –, und Kurt Schröder (1909-1978), Mathematik-Professor und später Rektor der Humboldt-Universität, wurde stellvertretender Vorsitzender der Kommission.

Manfred Peschel war einer von Schröders Doktoranden gewesen. 1961 hatte er seine Dissertation A bei ihm eingereicht, doch die Begutachtung zog sich hin, nachdem der Doktorvater auch Rektor geworden war, so dass die Promo-

tion erst 1966 abgeschlossen wurde. Peschel arbeitete zwischen 1960 und 1963 am *Deutschen Amt für Material- und Warenprüfung* (DAMW), wo er das Büro für mathematische Auswertungen aufbaute. Dann engagierte ihn Schröder allerdings an der *Humboldt-Universität*, um dort in der Mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät ein Rechenzentrum um den in der DDR entwickelten Rechner ZRA 1 aufzubauen und zu leiten [14]. Schon 1961, noch als unpromovierter Aspirant, erhielt Peschel von Schröder das Angebot, an dieser Fakultät eine neue (und damit in Deutschland die wahrscheinlich erste) Einführungsvorlesung in die Kybernetik zu halten. Peschel hielt diese *Einführung in die Kybernetik* fünf Jahre hintereinander als nicht obligatorische Veranstaltung für jeweils 20 bis 50 Hörer [14], bis er 1966 auf Vorschlag des Systemtheoretikers Gerhard Wunsch und des Korrelationselektronikers Fritz Heinrich Lange, Direktor des Instituts für Regelungstechnik in Karl-Marx-Stadt und drei Jahre später dort auch Professor wurde.

Für den Philosophen Georg Klaus war die Kybernetik eine wichtige Erweiterung des dialektischen Denkinstrumentariums unter dem Gesichtspunkt der Organisationsprobleme einer sozialistischen Gesellschaft, die ihm Argumentationshilfen bei der Forderung nach hierarchischen Organisationsstrukturen in komplexen Systemen bot. Eine gut funktionierende Gesellschaft sei ein „System vermaschter Regelkreise“ mit hierarchischer Struktur. Die Hierarchiespitze, den gesamtgesellschaftlichen Regler sozusagen, stelle in einem sozialistischen Land die Partei. Dieser „Regler Partei“ sollte aber nicht steuernd von außen auf die Gesellschaft einwirken, sondern vielmehr komplexe Regelungsbeziehungen zu den verschiedenen Teilsystemen einer Gesellschaft haben, die auch ihrerseits zueinander in Regelungsbeziehungen stünden.

Das neue Systemdenken kam bei der Konzipierung der *Marxistisch-Leninistischen Organisationswissenschaft* (MLO) zum Tragen: 1964 in einer Rede von Ulbricht auf der 7. Tagung des Zentralkomitees der SED erwähnt, konnte sie sich von 1968 bis 1970 als die für die Organisation des „entwickelten gesellschaftlichen Systems“ grundlegende Wissenschaft etablieren. Gesellschaftliche Prozesse sollten nach rationalen Kriterien und mit Hilfe von Methoden der Kybernetik, der Organisationsforschung und der elektronischen Datenverarbeitung gestaltet werden. Einer darüber hinausgehenden kybernetischen Ideologisierung der Organisations- und Leitungsprobleme sollte durch parteiideologische Kontrolle vorgebeugt werden.

Diese systemübergreifenden Denkansätzen und Organisationsmodellen waren allerdings nicht im Sinne der SED-Ideologen und nach den Erfahrungen mit den Liberalisierungstendenzen in der CSSR und dem sowjetische Einmarsch 1968, der Ablösung Ulbrichts von den Funktionen des ersten Sekretärs der SED und des Vorsitzenden des Nationalen Verteidigungsrates wurde gegen den Begriff „System“, der in den 60er Jahren sogar Bestandteil der Parteisprache gewesen war, wieder aggressiv vorgegangen. So verschwand er auch aus

der Epochenbezeichnung „entwickeltes gesellschaftliches System des Sozialismus“. Seit dem VIII. Parteitag der DDR hieß die Epoche wieder „entwickelte sozialistische Gesellschaft“².

3 IIASA und Akademie

Die technische Ausrichtung von Kybernetik und Systemtheorie wurde allerdings auch in der DDR weiter verfolgt, um auf dem höchstmöglichen Stand der Forschung zu sein. Technische Kybernetik und Systemtheorie wurden auch deshalb weiter betrieben, weil im Oktober 1972 die Charta des IIASA (*International Institute for Applied System Analysis*) – auch vom Vertreter der DDR – unterschrieben und damit in Laxenburg bei Wien gegründet wurde. Die IIASA wurde als eine internationale Institution etabliert, in der viele Staaten der westliche Welt und des Ostblocks, allen voran USA und Sowjetunion und auch die Bundesrepublik Deutschland und die DDR Mitglied wurden, um in Wissenschaft und Technik zusammen zu arbeiten, nicht zuletzt auch wegen der globalen Probleme, die damals erkennbar wurden. Vertreter der DDR im IIASA wurde Manfred Peschel, der aufgrund seiner bisherigen Tätigkeiten dazu prädestiniert war, die „Systems Science“ der DDR zu repräsentieren. 1970 hatte er sich habilitiert, und er wurde in die vom MWT gegründete *Kommission für die Teilnahme am IIASA* berufen, deren Regie das MWT später an die AdW abgab.

Die IIASA-Tätigkeit erlaubte Peschel nach Wien und Berlin zu reisen, und er knüpfte Kontakte zu westlichen Wissenschaftlern wie dem damals in Berlin lebenden Informatiker Ingo Rechenberg und dem in Kassel lebende IIASA-Vertreter der Bundesrepublik Hartmut Bossel. Über IIASA-Verbindungen lernte Peschel auch Peter Schuster kennen und seit 1981 gehörte Peschel auch der *UNESCO Working Group on System Theory* an [14].

Zu den ersten IIASA-Treffen ging Peschel noch als Professor aus Karl-Marx-Stadt, doch schon bald darauf sollte er eine wichtigere Funktion bekleiden.

Am 20. Mai 1969 hatte der Ministerrat der DDR ein von der Akademie zuvor verabschiedetes Statut bestätigt, das die Akademie als „Forschungsakademie der sozialistischen Gesellschaft“ auswies. Damit war die Akademiereform, die mit der sogenannten Hochschulreform einher ging, formal beschlossen. Forschungsplanung wurde zentralistisch, die Akademie wurde „wie ein Wissenschaftskombinat“ geleitet. Forschungen in der Akademie sollten nun auf ausgewählten Feldern betrieben werden, die auf „prognostisch abgeleitete, strukturbestimmende Gebiete der Natur- und Geisteswissenschaften“ abzielten. Aus den früheren „Klassen“ entstanden durch Neuzuschnitt sieben „For-

² Zur Kybernetik in der DDR siehe auch [15], [16].

schungsbereiche“ (FoB), denen die ehemaligen Zentralinstitute untergeordnet wurden. Nicht nur in ihrer Struktur sondern auch in ihrer Arbeitsweise wurde die Akademie wesentlich verändert. Das Prinzip der „Kollegial-Leitung“ wurde durch das der „Einzelleitung bei kollektiver Beratung“ ersetzt, die FoB-Leiter waren nun „Vorsitzende“, nicht mehr „Sekretäre“ und sie wurden nach erfolgreicher Wahl dem Ministerrat vorgeschlagen, der sie für vier Jahre berief.

Aufgrund seiner Position im IIASA, seiner vielen Auslandsaufenthalte und der damit einhergehenden großen Bekanntheit erhielt Manfred Peschel 1972 den Auftrag zur „Erkundung des Forschungsbereichs *Mathematik, Kybernetik, Rechentechnik*“ und schließlich zu dessen Aufbau bei Eingliederung folgender Institutionen:

1. das Institut für reine und angewandte Mathematik (IMATH),
2. später Zentralinstitut für Mathematik und Mechanik),
3. das Zentralinstitut für Kybernetik und Informationsprozesse (ZKI)
4. das Zentrale Rechenzentrum der Akademie (ZfR),
5. später Zentrum für Rechentechnik).

Zum Leiter des neuen FoB, der nun den Namen *Mathematik und Kybernetik* erhielt, wurde Peschel dann 1973 gewählt, vom Ministerrat berufen und damit faktisch Mitglied des Präsidiums der AdW. Während seiner darauf folgenden mehr als zehnjährigen Leitungstätigkeit, stieg die Mitarbeiterzahl in seinem FoB von anfangs knapp 500 auf schließlich etwa 1.200. Er blieb damit der kleinste Forschungsbereich der AdW, dem drei Zentralinstitute angehörten [14]³.

4 Das „Fuzzy-Seminar“ in der DDR

Um seinen Aufgaben in der AdW in Berlin nachkommen und auch seine Vorlesung „Kennwertermittlung und Modellbildung“ an der Technischen Hochschule in Karl-Marx-Stadt halten zu können, wohnte Peschel mit seiner Familie noch mehrere Jahre in Karl-Marx-Stadt, arbeitete aber hauptsächlich in Berlin-Adlershof. In Karl-Marx-Stadt wurde sein früherer Mitarbeiter Steffen Bocklisch sein Nachfolger als Professur. Er hatte bei Peschel als einer seiner Forschungsstudenten begonnen und sich insbesondere für die Forschungsausrichtung interessiert, der sich Peschel seit dem Herbst 1970 zugewandt hatte und die er in seiner seit 1970 gehaltenen Vorlesung „Unschärfe Modellbildung und Polyoptimierung“ in der Fachrichtung Automatisierungstechnik behandelte.

³ Zu Leben und Werk von Manfred Peschel siehe auch [15], [16], [17].

Peschel und Bocklisch gelang es, die Theorie der *Fuzzy Sets and Systems* weit über die TH Karl-Marx-Stadt hinaus bekannt zu machen. Vor allem der von Prof. Heinz Töpfer von der Akademie in Dresden eingerichtete Koordinierungsrat „Technische Kybernetik“ wurde hier wertvoll, da zu dessen Jahrestagungen Vertreter aller Technischen Hochschulen in der DDR kamen. Aber auch an anderen Hochschulen und Institutionen Interessenten, etwa unter Bio- und Wasserwirtschaftswissenschaftlern gab es an der Thematik interessierte Forscher, und so gründeten Peschel und Bocklisch 1975 das Seminar „Technische Kybernetik – Theorie unscharfer Signale und Systeme“, zu dem regelmäßig monatlich an wechselnden Orten und in verschiedenen Städten eingeladen wurde. Die Teilnehmer an diesem „Fuzzy Seminar“ bildeten die „GDR Working Group for Fuzzy Sets and Systems“ – ein Name, der in Anlehnung an die „UNESCO Working Group on Systems Analysis“ entstanden war.



Abbildung 5: Manfred Peschel

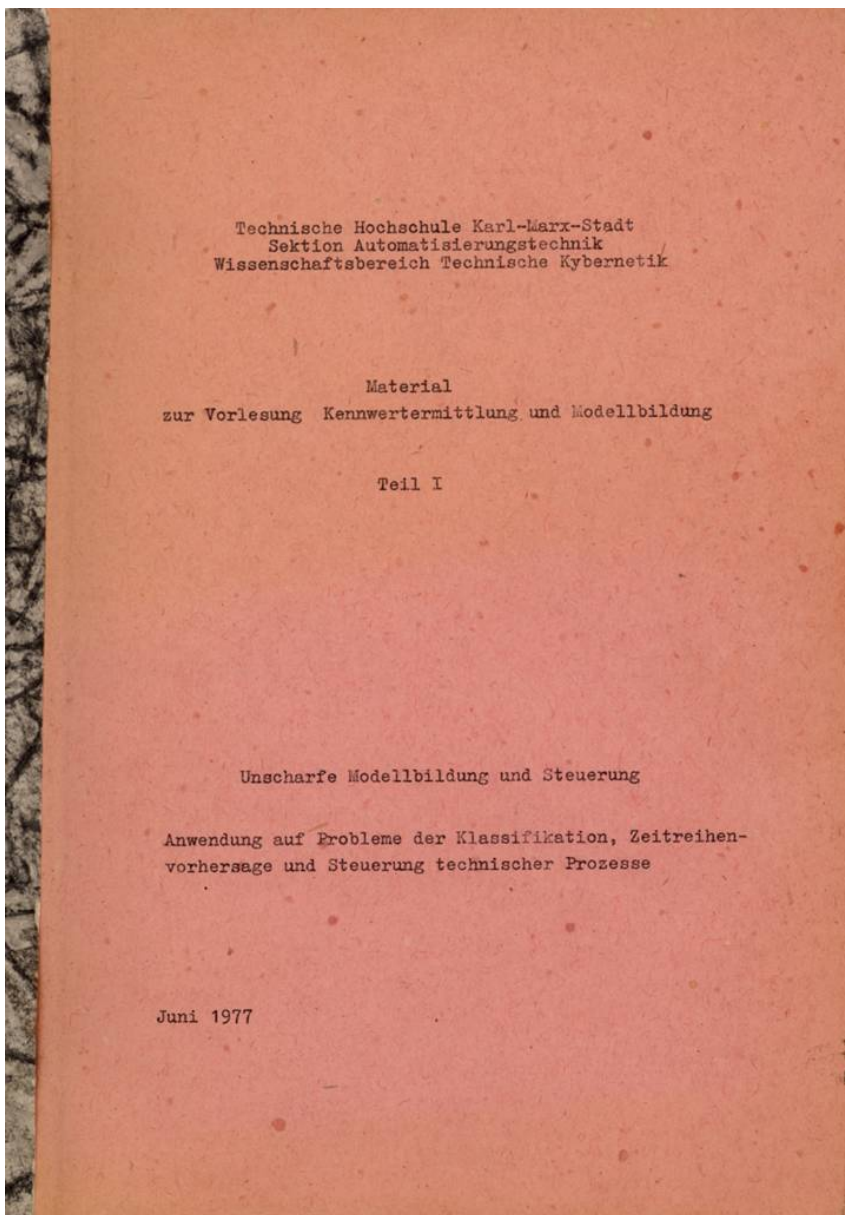


Abbildung 6: Titelblatt der ersten Materialsammlung zum "Fuzzy Seminar" [22]

In den 1970er Jahren kamen die Teilnehmer des „Fuzzy-Seminars“ vor allem von den THs in Karl-Marx-Stadt, Leipzig und Leuna-Merseburg später auch von der Ingenieurhochschule Zittau und der Humboldt Universität in Berlin. In den 1980er Jahren weitete sich das Interesse an der Fuzzy Theorie aus, so dass neue Forschungsschwerpunkte u. a. in Dresden und Freiberg entstanden. Die von Peschel und Bocklisch für alle Seminarteilnehmer herausgegebene Schriftenreihe „Material zur Vorlesung Kennwertermittlung und Modellbildung“ erschien von 1977 bis 1988 und hieß „Vorlesungsmaterial“, da sie nur unter dieser Bezeichnung gedruckt werden konnte. Bei der Durchsicht der Beiträge zeigt sich, dass die Fuzzy Sets vor allem zur Lösung komplexer Aufgaben herangezogen wurden, für die keine anderen Methoden bekannt waren. In ihrem Beitrag *Systemidentifikation mit unscharfem Klassenkonzept* gaben Bocklisch und sein Ko-Autor Frank Bilz einige Beispiele in denen zunächst die jeweiligen Prozesszustände geschaffen wurden, diese dann aber nicht ohne weiteres scharf voneinander abzugrenzen und auch nicht auf allgemeinen Skalen anzuordnen waren [18]:

Medizin: Die Verkalkung der Herzkranzgefäße (Koronarsklerose) verläuft chronisch, d. h. über einen langen Zeitraum schleichend. Die Kontrollwerte des Blutdrucks, der Pulsfrequenz, der Harnsäure und des Fettspiegels verändern sich nur langsam von einem normalen Wert zu einem Risikowert. Das führt zu der Frage, wie weit der Normbereich anzusetzen ist und wo der Risikobereich beginnt. Die Angabe des Normbereichs solcher Größen ist also nur unscharf möglich, aber dennoch hängen von seiner Güte die Frühdiagnose und der Behandlungserfolg ab. Hinzu kommt, dass Anzahl, Art und Beziehungen dieser biomedizinischen Messgrößen untereinander für die Diagnose wesentlich sind. Andererseits kann sich der Mediziner nur auf wenige, allerdings signifikante Merkmale stützen.⁴

Petrochemie: Bei der Destillation wird Erdöl zunächst entsalzt. In einer Fraktionskolonne werden danach durch Erwärmung zunächst die leichten Fraktionen, dann aber durch immer höhere Wärmezufuhr auch schwerere Anteile getrennt. Die mehr oder weniger fließend ineinander übergehenden Betriebszustände lassen sich kaum mit Messwerten identifizieren; es bleibt die Möglichkeit einer verbalen Beschreibung der Betriebszustände und eben diese wird auch für die Steuerungsvorschriften benutzt, d. h. Vorschriften zur Prozesssteuerung werden aus den subjektiven Angaben eines Experten, der die Anlage bedient, „destilliert“⁵; um diese Prozessführung zu objektivieren, bietet sich die Fuzzy Theorie an.

Ökologie: Die Energiequelle, die als Ersatz für die fossilen Brennstoffe in Frage kommt, ist neben Wasser-, Sonnen- und Kernenergie die Erdwärme, und

⁴ Bocklisch bezieht sich hier auf [19].

⁵ Bocklisch zitiert hier [20].

zwar in Form von Heißwasser oder Wasserdampf (Heißwasserfelder, Geysire). Primär scheint die Gewinnung der geothermischen Energie umweltfreundlich zu sein, doch bei näherem Hinsehen sind es doch die Umwelt belastende Verfahren: der Grundwasserspiegel kann in den Gebieten sinken, Verschiebungen der Druck- und Spannungsverhältnisse unter der Erdoberfläche können lokale Erdbeben auslösen usw.⁶ Das natürliche Gleichgewicht wird eventuell stark gestört, aber über die Ursache-Wirkung-Beziehung weiß man nichts genaues. Dennoch muss sie bei der Entscheidung, ob ein geothermisches Kraftwerk gebaut werden soll, oder ob nicht, berücksichtigt werden. Die Abwägung von Vor- und Nachteilen muss so genau wie möglich sein, „unscharfe Mengen“ können hier weiterhelfen.

5 Schluss

Aus der gesamten Schriftenreihe lässt sich ersehen, dass immer mehr Anwendungsfelder für die Theorie der unscharfen Mengen erschlossen wurden, während die Grundlagen der Fuzzy Set Theorie kaum in Ansätzen bearbeitet wurden. Kontakte der *Fuzzy Working Group* zu den Mathematik-Professoren Hans Bandemer in Freiberg und Siegfried Gottwald in Leipzig, die sich mit theoretischen Fragen der „unscharfen Mengen“ bzw. mit der „Fuzzy Logik“ beschäftigten, wurden erst in den 1980er Jahren geknüpft.

Lange Zeit liefen die Arbeiten mit unscharfen Mengen“ sogar unter der Bezeichnung „Stochastisches Systemverhalten“. Im Vorwort zum ersten Teil des *Materials zur Vorlesung Kennwertermittlung und Modellbildung* heißt es: „Ein wesentlicher Grund sind die fehlenden soliden Kenntnisse stochastischer Erscheinungen. Die in dem vorliegenden Band zusammengestellten Arbeiten aus dem laufenden Seminar des Wissenschaftsbereichs „Technische Kybernetik“ „Theorie unscharfer Signale und Systeme“ kann beitragen, diesen Mangel zu beheben und so die Lehrveranstaltungen gut ergänzen.“ [19] Offenbar sah man in der DDR in den frühen Jahren der Anwendung unscharfer Mengen keinen Gegensatz zur Stochastik.

⁶ Bocklisch zitiert hier [21].

6 Literatur

- [1] ZADEH, L. A. (1965): Fuzzy Sets. *Information and Control* 8, S. 338-353.
- [2] SEISING, R. (2005): Die Fuzzifizierung der Systeme. Die Entstehung der Fuzzy Set Theorie und ihrer ersten Anwendungen – Ihre Entwicklung bis in die 70er Jahre des 20. Jahrhunderts. *Stuttgart: Steiner (Boethius Band 54)*.
- [3] BELLMAN, R. E.; KALABA, R. & ZADEH, L. A. (1966): Abstraction and Pattern Classification. *Journal of Mathematical Analysis and Applications* 13, S. 1-7.
- [4] LOGINOV, V. I. (1966): Probability Treatment of Zadeh Membership Functions and their Use in Pattern Recognition. *Engineering Cybernetics* (2), S. 68 f.
- [5] DUBOIS, D.; NGUYEN, H. T. & PRADE, H. (2000): Possibility theory, probability and fuzzy sets: Misunderstandings, bridges and gaps. In: *Dubois, D. & Prade, H. (Hrsg.), The Handbook of Fuzzy Sets, Kluwer, S. 343-438*.
- [6] BERNAL, J. D. (1970): Wissenschaft. Science in History, Bd. 2, Die wissenschaftlichen und die industrielle Revolution; Bd. 3, Die Naturwissenschaften in der Gegenwart. *Reinbek (erste Auflage London 1954)*.
- [7] AUTORENKOLLEKTIV (1967): Marxistische Philosophie, Lehrbuch. *Berlin, S. 659 f.*
- [8] KRAH, W. (1965): Von der Umwandlung der Wissenschaft in eine unmittelbare Produktivkraft, *DZPh (1), S. 102 ff.*
- [9] TEBMANN, K. (1965): Technische Revolution und Sozialismus. *Einheit 2/1965, S. 15 ff.*
- [10] STOLJAROW, V. (1963): Die Entwicklung der Wissenschaft zur unmittelbaren Produktivkraft und die materialistische Geschichtsauffassung. *DZPh (7), S. 826 ff.*
- [11] Parteiprogramm der SED, S. 74. Zitiert nach [13].
- [12] WILHAM, H. (1990): Denken für eine geschlossene Welt. Philosophen in der DDR. *Hamburg: Junius*.
- [13] HAUFE, G. (1980): Dialektik und Kybernetik in der DDR. *Berlin: Dunker u. Humblot, (Beitr. zur politischen Wissenschaft 38 – Diss Ruhr-Universität Bochum 1976), S. 117*.
- [14] Manfred Peschel im Gespräch mit dem Autor am 9. September 1999 in Zittau.

- [15] DITTMANN F., SEISING, R. (Hrsg.) (2007): Kybernetik steckt den Osten an – Aufstieg und Schwierigkeiten einer interdisziplinären Wissenschaft in der DDR. [= *Information – Kommunikation – Organisation*, Bd. 1], Berlin: trafo Verlag.
- [16] SEISING, R.: Manfred Peschel (1932-2002): Systemverhalten – Systemversagen. In: Naumann, F. & Schade, G. (Hrsg.), *Informatik in der DDR – eine Bilanz, Tagungsband zu den Symposien 7.-9. Oktober 2004 in Chemnitz, 11.bis 12. Mai 2006 in Erfurt, Bonn: Gesellschaft für Informatik (Lecture Notes in Informatics (LNI) Thematics Vol. T-1, 2007, S. 479-500.*
- [17] SEISING, R. (2003): „Erstaunliche Begebenheiten“ – Eckpunkte im Leben eines Wissenschaftlers der DDR. In: Hochschule Zittau/Görlitz (FH) Institut für Prozesstechnik, Prozessautomatisierung und Messtechnik (Hrsg.), *Betrachtungen zur Systemtheorie. Gedenkband zum Leben und Schaffen von Prof. Manfred Peschel. Zittau Großschönau, S. 307-326.*
- [18] BOCKLISCH, S. F. & BILZ, F.: Systemidentifikation mit unscharfem Klassenkonzept. In: [22], S. 38-63.
- [19] PARSI, R. A.; STÜRMER, U.; SEIDEL, R. & WOLF, B. (1974): Ein Modell zur Einschätzung des Schweregrades der Koronarsklerose mittels unblutiger Untersuchungsmethoden unter Anwendung der Diskriminanzanalyse. *Das deutsche Gesundheitswesen Heft 51, Berlin: VEB Verlag Volk und Gesundheit.*
- [20] CHURGIN, I. (1976): Formeln – und was dann? Berlin: Verlag Technik.
- [21] TILL, L. (1976): Wie umweltfreundlich ist ein geothermisches Kraftwerk? *Wissenschaft und Fortschritt Heft 10, Berlin: Akademie-Verlag.*
- [22] PESCHEL, M. (Hrsg. nicht genannt) (1977): „Material zur Vorlesung Kennwertermittlung und Modellbildung“ Teil I: Unschärfe Modellbildung und Steuerung. Anwendung auf Probleme der Klassifikation, Zeitreihenvorhersage und Steuerung technischer Prozesse. *Technische Hochschule Karl-Marx-Stadt, Sektion Automatisierungstechnik, Wissensschaftsbereich Technische Kybernetik.*